

GEOMORPHOLOGISCHE UND HYDROGRAPHISCHE CHARAKTERISIERUNG DES KUNFEHÉR-SEES UND SEINER UMGEBUNG

von

DR. MIHÁLY ANDÓ

Trotz Flussregulierung, Entwässerung und Hochwasserschutz gibt es im Donau—Theiss-Zwischenstromland noch viele Flächen, die ständig oder periodisch mit Wasser bedeckt sind. Die Wasserflächen haben zwar beschränkte Ausdehnung, doch sind von grosser Bedeutung. Das gegenwärtige Wirtschaftsleben erfordert eine vielseitige Nutzbarmachung (Speicherweiher, Bäder, Fischzucht, Naturschutz usw.) dieser Naturgegebenheiten.

Um den erwähnten Anforderungen entgegenkommen zu können, müssen die wissenschaftlichen Kenntnisse sowohl in theoretischem, wie auch praktischem Sinne immer mehr erweitert werden.

Diesen Anforderungen gemäss erörtert unser Aufsatz die geomorphologischen und hydrographischen Fragen eines ständig mit Wasser bedeckten Gebietes, und die Ergebnisse liefern einen gewissen Beitrag auch zum Kennenlernen der anderen periodischen und ständigen Wasserflächen des Donau—Theiss-Zwischenstromlandes.

Der Kunfehér-See, mit einer Fläche von 170 ha, liegt, in der Nähe der Wasserscheide des Sandrückens des Donau—Theiss-Zwischenstromlandes, etwa 15 km W—SW von Kiskunhalas. Seine Umgebung ist geomorphologisch ziemlich abwechslungsreich, was auf die im Verhältnis zu den anderen, ganz flachen Gebieten der Grossen Ungarischen Tiefebene stärkere Reliefenergie, sowie auf die grössere absolute Meereshöhe zurückzuführen ist. Der See befindet sich — den Moorzweischenstromlandes ähnlich — in einer vom NW nach SO streichenden Depression. Der höher gelegene Rücken der Wasserscheide zieht sich W und SW der Seemulde, in ihrer unmittelbaren Nähe hin. Die oberflächennahen Schichten des Rückens sind äolische Ablagerungen, und zwar Löss und Sande. In den tieferen Horizonten sind im allgemeinen Schlamm (Kalkschlamm), sandige und humusführende Schlamm zu finden. Die Lagerung der Oberflächenkomplexe ist äusserst veränderlich.

Auf Grund der in 1962 durchgeführten Untersuchungen können die mit dem Kunfehér-See eng zusammenhängenden Gebiete geomorphologisch in zwei Teile gegliedert werden.

1. Weitere Umgebung des Sees
2. Seeraum und Uferzone.

Zur weiteren Umgebung des Sees gehört die den See umgebende Zone mit einem Durchmesser von etwa 10 bis 12 km, die aller Wahrscheinlichkeit nach das Einzugsgebiet des Sees darstellt, wovon der ständige Wasserspiegel des Sees gespeist wird.

Die Uferzone ist 1 bis 3 km breiter Streifen, der wegen seiner Oberflächenbeschaffenheiten das Leben des Sees direkt beeinflusst.

Die weitere Umgebung ist in geomorphologischer Hinsicht — bei veränderlichen Höhendifferenzen — eine gewellte Landschaft. Ihre Reliefenergie ist — im Verhältnis zu den anderen Gebieten der Grossen Tiefebene — sehr beträchtlich und schwankt zwischen 5—50 m/100 km². Deshalb sind für dieses Gebiet ziemlich mannigfaltig geneigte Reliefformen charakteristisch. Infolge der Wechselwirkung des Klimas, des Bodens, der Vegetation und der anderen physich-geographischen Faktoren haben sich in diesem Gebiet zahlreiche Mikrolandschaften ausgebildet. Die mannigfaltige Morphologie der Gegend ist jedoch vor allem der Formungstätigkeit des Windes zuzuschreiben. Auf den weit ausgedehnten Sandrücken schuf der Wind viel tausend kleinere-grössere Dünen und in mehreren Fällen ordnete den Sand in Dünenreihen ein. Dieser Vorgang ist für die weitere Umgebung des Sees auch noch heute bezeichnend. Wo die Oberfläche wüst ist und der Wind seine Zerstörungskraft wirken lassen kann, bilden sich Dünen auch gegenwärtig, wie z. B. im Raume von Illancs. Die Sandbewegung ist jedoch in der Nähe des Sees nicht mehr charakteristisch. Hier finden wir schon überall gebundene oder halbgebundene Sandformen mit Auen oder grösseren, zusammenhängenden Waldflecken.

Zwischen den Dünensandrücken befinden sich Zwischendünen-Niederungen, deren Richtung gewöhnlich, der herrschenden Windrichtung entsprechend, NW—SO ist. Alle Niederungen verdanken ihr Zustandekommen der Tätigkeit des Windes. Die Niederungen sind periodisch mit Wasser bedeckt. Häufig kommen in ihnen ständige Seen oder Trockentäler und sogar künstliche Kanäle vor.

In der weiteren Umgebung des Sees wird die Mannigfaltigkeit neben die Sanddünen auch durch die Lössoberflächen gesteigert. Besonders bedeutend ist das in der Umgebung von Jánoshalma, wo die nördliche Endung des Bácskaer Lössrückens stark gefetzt ist. Die Bácskaer Lösstafel wurde durch die in Dünen angehäuften Sande hüllenartig verdeckt, so dass sie nunmehr bloss fleckenartig zutage tritt.

Der N-Teil der weiteren Umgebung des Sees ist die Sanddünen-Gegend von Pusztapirtó und Pusztafelső-Kistelek. Dieses Gebiet erhöht sich mit einer durchschnittlichen Höhendifferenz von 10 bis 12 m über die Niederung der Seemulde von Kunfehér-See (*siehe Beilage 1*).

Die Charakteristischen Oberflächenformen sind hier die gebundenen und halbgebundenen Sanddünen und die NW und N streichenden flachen

Moorwiesen. Dieses Gebiet als Speicherweiher des Kunfehér-Sees ist unwichtig, weil bei höheren Grundwasserstand der auf der Oberflächen geratene Grundwässern sammeln sich in des Nord liegenden Depressions-Gebiet und nicht im Kunfehér-See selbst. Zwischen der Depression des Kunfehér-Sees und der Umgebung von Pusztapirtó befindet sich nämlich

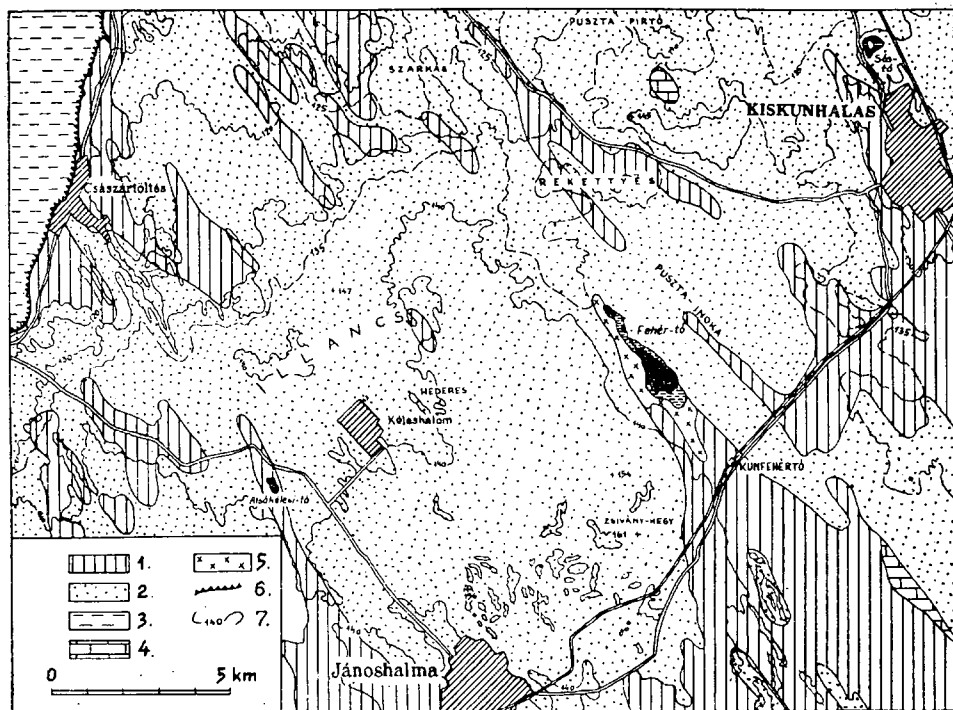


Abb. 1. Skizze der Oberflächenformen der Gegend des Kunfehér-Sees.

1. Pleistocen Lössgebilde, 2. Pleistocen gebundene und Flug-Sand, 3. Holocen Ablagerung des Überschwemmungs-Gebiet, 4. Kalkschlamm, Kalkstein, 5. Flächen mit Natrium-Böden, 6. Hocküste neben Kecskeméti-Baja, 7. Isohypsen (Schichtlinien)

eine mit dem See gleich streichende Niederung bei einer Meereshöhe von 132 m. In der sich nach Kiskunhalas hinziehenden Niederung (wie gewöhnlich in der Niederungen des Rückens des Donau-Theiss-Zwischenstromlandes) tritt eine ganze Reihe von sumpfigen Moorwiesen, mit Rohrgewächsbüsch und alkalisierten Pfuhlen auf. Das ist das sogenannte „Reketytyés“. Etwa 2 bis 2,5 km S von ihm zieht sich die Mulde des Kunfehér-Sees hin. Beide Depressionen sind — mit Ausnahme von ein Paar schmaleren, N-Nw gerichteten Windfurchen — durch hohe Sandrücken voneinander getrennt. Das sind die östlichen Ausläufer der grossen Sanddünen-Gegend von Pusztainoka, sowie derjenigen von Szarkás-Debeák im

NW. Ihre weitere Fortsetzung deutet zugleich auf die unmittelbare Nachbarschaft des westlichen und östlichen Randes der Senke des Kunfehér-Sees hin. Die Grundwasservorräte der sehr mächtigen Oberflächen-Sandschicht können für das ständige Speisen des Kunfehér-Sees mit Wasser von Bedeutung sein.

Auf Grund der Grundwasserströmung kann hinsichtlich der Erneuerung der Wasservorräte des Sees das SW und S vom See liegende, Grundwasser liefernde Randgebiet für das wichtigste gehalten werden. Dieses Gebiet fällt vom S—SW aus mit einem langen Hang in der Richtung der Depression des Kunfehér-Sees ein. Zwischen dem höchsten Punkt des Gebietes und dem Bodenniveau des Sees (Ólom-Berg, 174 m über dem Meeresniveau) besteht eine relative Höhendifferenz von etwa 40 m. Diese grosse Höhendifferenz (die Reliefenergie der Oberfläche) beeinflusst jedoch die Grundwasserströmung nicht bedeutend, was auf die spezielle Beschaffenheiten der Oberfläche zurückzuführen ist. Vielmehr wichtiger ist die Tatsache, dass hier solche Reihe von Niederungen, die dem Kunfehér-See ähnliche Tiefe und Oberfläche besässen, nicht mehr zu finden ist. Die hier vorhandenen kleineren Niederungen — wie beispielweise das Szamár-Tal, das den Charakter eines Trockentales trägt, und in seiner Fortsetzung der beschränkte, schmale sumpfige Raum der Kéleres Niederung mit dem Kéles-See — sind vom Gesichtspunkt der Grundwässer aus, infolge der höheren Lage des Terrains, zur vollkommenen Entwässerung nicht mehr zureichend. Zur gleichen Zeit stellt das verhältnissmässig hoch gelegene südwestliche und südliche Randgebiet (Hederes, Zsivány-Berg, Sikáros, Kecskés-Berg, Ólom-Berg usw., deren durchschnittliche Meereshöhe cca. 160 m beträgt) merkwürdige Einzugsgebietteile dar.

Wegen des sandigen Baues der Oberfläche bilden sich hier keine Oberflächen-Wasserläufe aus. Der Niederschlag sickert ein und speist das Grundwasser.

Da das ständige Wasser des Kunfehér-Sees zum Teil von den Grundwässern erneuert wird, ist es wichtig nicht nur die morphologischen Verhältnisse, sondern auch die Lagerungsverhältnisse der wasserführenden Schichten zu kennen. Nach I. Miháltz (1.) dürften in unserem Gebiet die Lössgesteine als erste wasserführende Schicht angesehen werden. An Hand A. Rónais Grundwasserkarte (2.), I. Miháltz Bohrprofils durch das Donau—Theiss-Zwischenstromland, sowie auf Grund der Meereshöhenangaben der oberste Lössschicht kann es festgestellt werden, dass die erste Wasserführende Schicht in der Richtung des Kunfehér-Sees einfällt. Die Richtungen des Gefälles sind W—O, SW—NO und S—N, so dass die in der Frage stehende Schicht die Depression des Sees etwa im Halbkreis umgibt und die Strömung des Grundwassers in der Richtung des Sees erfolgt. Das wird auch durch die Angaben über den Wasserstand in den rings um den See vorhandenen Grundwasser-Beobachtungsbrunnen, sowie in den Trinkwasserbrunnen dieser Zone bestätigt.

Der geomorphologische Charakter des Randgebietes der Seeumgebung in engerem Sinne ist den im weiteren Raum auftretenden Formen ähnlich. Auch dieses Gebiet weist eine veränderliche Oberfläche auf. Auf

den Sandrücken kommen ganze Reihen von halbgebundenen Sandformen vor. Die wichtigsten Oberflächenformen sind die Dünen und die zwischen den Dünen befindlichen abflusslosen Moorwiesen. Zur Zeit gibt es hier Auenwälder, Weiden und Kulturland. Zusammenhängende Walddecke findet man nur im westlichen und südwestlichen Vorraum des Sees. Solcher Wald grösserer Ausdehnung ist der sog. „Stadtwald“, dessen Bestand durch alte Eichen, Weisspappeln und Akazien vertreten ist. Akazien treten meistens an den Waldsäumen auf, was darauf zu schliessen lässt, dass diese Art, samt den häufig auftretenden Birken, sich in der Gegend auch auf natürliche Weise verbreitet. Nach den historischen Aufzeichnungen sei die Landschaft in früheren Zeiten mehr bewaldet gewesen, als heute.

Von den ausgedehnten Wäldern, die hier vor 150—200 Jahren existierten, ist zur Zeit schon lediglich der „Stadtwald“ mit einer Fläche von etwa 40 ha in seiner ursprünglichen Stelle geblieben.

Die in den anderen Teilen des Gebietes vorkommenden Auenwälder wurden bei der Durchführung des Gesetzartikels XIX von 1923 angepflanzt. Vom ursprünglichen Waldbestand bedeckten die tieferen Teilen des Gebietes Eichen, Weiden; die höheren, trockeneren Teile aber Weiss- oder Graupappeln. In den Nähe der Wälder trieb man damals extensive Landwirtschaft. Ausserdem nahm auch die Beweidung immer grösseren Raum ein, infolgedessen sich die Abtragung der Oberfläche durch Deflation verstärkt hat. Damit können wir erklären, dass in der Umgebung des Sees dünne, junge Sandhüllen auftreten, die meistens fruchttragende, humusreiche, stellenweise schlammige, lössige Schichten von tieferer Lage bedecken.

Wie es aus den bisherigen Ausführungen ersichtlich ist, beeinflussen die morphologischen und hydrographischen Beschaffenheiten der äusseren und inneren Zone das Leben des Kunfehér-Sees in bedeutendem Masse.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Depression, in welcher der See sich befindet, zufolge der Tätigkeit des nordwestlichen Windes zustandegekommen ist. Zur Zeit der Entstehung des Sees mag das Klima äusserst trocken gewesen sein, da der Wind nur unter solchen Verhältnissen eine so tiefe — bis zur damaligen Erosionsbasis reichende — Deflationsfurche aushauen konnte. Die Wirkung anderer Formungskräfte (z. B. der normalen Denudation) auf die in der Frage stehende Oberfläche kann weder morphologisch, noch geologisch bestätigt werden. Was die Bildungszeit der Depression betrifft, kann sie auf ungefähr 8—9 Jahrtausende zurückgeführt werden, wenn man das Alter des in der Kalkbank des Seebodens gefundenen Pollens und die vermutlich seit der Entstehung der Depression bestehende, ständige Bedeckung mit Wasser in Betracht zieht.

Im Falle des Kunfehér-Sees haben wir mit einer, sehr eigenartigen, alkalisierten Wasserfläche zu tun, deren Typus von den im Donau—Theiss-Zwischenstromland vorhandenen, anderen alkalisierten Depressionen wesentlich abweicht. Als Beweis dafür sei einerseits das ständige Wasser, andererseits die Form des Seebeckens erwähnt. Diese grosse De-

pression hatte nämlich schon zur Zeit ihrer Entstehung dasselbe Ausmass, wie heute. Die bis zur Erosionsbasis reichende Deflationstätigkeit brachte da eine geschlossene Deflationsfurche zustande. Die von der Furche ausgeblasenen Sande häuften sich an der Oberfläche der Lösstafel am SW-Ende der Depression in Form von Haufen an. Die spätere Deflation war aber nicht imstande, den auf diese Weise zustande gekommenen Haufen zu stören, so dass die Achsenlänge der Seedepression in SO-Richtung ständig geworden ist. Bei dem in Donau—Theiss-Zwischenstromland vorhandenen, anderen, ähnlichen, äolischen Niederungen fanden Änderungen gerade in der Achsenlänge der Depression statt. Im Donau—Theiss-Zwischenstromland trifft man oft Längsdepressionen, die infolge der Tätigkeit solcher Winde gedämmt wurden, deren Richtung von der herrschenden Windrichtung abwich. Somit entstanden sogenannte Depressionsreihen, gewöhnlich mit periodischer Wasserfläche. Zwischen diesen Depressionen kommt eine sehr enge Verbindung mittels Grundwassers zustande. Beim Kunfehér-See ist das nicht mehr der Fall, weil es in der Depression dieses Sees, trotz der relativ kleinen Entfernung, ziemlich grosse Unterschiede in den drei Teilseen bestehen. Nach den hydrographischen Beobachtungen kommen die drei Teilseen nur bei grösserem Wasserstand miteinander in Verbindung. Auch die chemische Zusammensetzung des Wassers dieser Teilseen ist unterschiedlich.

Der Kunfehér-See s. str. stellt einen typischen Natron-See dar. Die chemische Analyse einer im Sommer (4 Juni 1958) entnommenen Wasserprobe hat nachgewiesen, dass das Wasser des Sees stark alkalisiert ist und sein pH sich bis über 9,3 beläuft. Das Wasser enthält 3524,96 mg von gelösten Stoffen pro Liter und so erreicht sogar die Salzkonzentration der Mineralwässer. Auf Grund des grossen Gehaltes des Wassers an mineralischen Stoffen (siehe Tabelle 1) taucht auch die Frage seiner Heilwirkung und deren künftigen Nutzung zu balneologischen Zwecken auf. Die äolische Depression des Kunfehér-Sees wird von allen Seiten durch leicht geneigte, geschlossene Sandrücken umrandet. Der geschlossene Charakter ist durch die 137,5 m Meereshöhe der Umgebung bedingt. Die Tiefenangaben des Beckens des Kunfehér-Sees können vom Wasserspiegel aus berechnet werden. Die 137,5 m hoch über dem Meeresniveau gelegene Fläche wird nicht einmal beim höchsten Wasserstand des Sees überflutet. Die durchschnittliche Meereshöhe des Wasserspiegels in der Seemitte schwankt zwischen 134—134,5 m, die des Seebodens zwischen 132—132,5 m.

Der Seespiegel liegt im Durchschnitt etwa um 3 m tiefer, als die flutfreie Umgebung. Bei dieser Höhendifferenz sind die Gefällewinkel im Querschnitt des Seeufers infolge der unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Ufers sehr veränderlich. An Hand der Isohypsenkarte mit 25 cm Abständen (*Beilage 2*), sowie der durchgeführten Gefälle-Messungen schwankt das Gefälle zwischen 5—15°. Allein diese Tatsache ist schon für das Leben des Sees von Bedeutung. Die Einfallswinkel der Sonnenstrahlen bei der Kulmination der Sonne sind in den Uferabschnitten verschiedener Exposition wie folgt (*Tabelle 2*):

Tabelle 1

Menge der in 1 Liter Wasser gelösten Bestandteile in mg-Werten deren Ionen

(Kunfehértó, den 4 Juni 1958)

		Äquivalentgewicht mg		Than'sches Äquivalent- prozent
Kalium + Natrium (in Natrium ausgedrückt)	Na ⁺	821,33	35,71	78,76
Ammonium	NH ₄ ⁺	0,50	0,02	0,04
Kalzium	Ca ⁺⁺	7,86	0,39	0,86
Magnesium	Mg ⁺⁺	112,17	9,22	20,33
Eisen	Fe ⁺⁺	0,19	0,006	0,01
Mangan	Mn ⁺⁺	nicht	nachweisbar	
Kationen insgesamt		942,05	45,346	100,00
Nitrat	NO ₃	nicht	nachweisbar	
Nitrit	NO ₂	nicht	nachweisbar	
Chlorid	Cl ⁻	242,00	6,83	15,07
Bromid	Br ⁻	nicht	nachweisbar	
Jodid	I ⁻	0,10	—	—
Fluorid	F ⁻	1,60	0,08	0,17
Sulfat	SO ₄ ⁻⁻	59,24	1,23	2,71
Hydrogenkarbonat	HCO ₃ ⁻	2269,57	37,20	82,05
Anionen insgesamt:		2572,51	45,34	100,00
Metakieselsäure	H ₂ SiO ₃	10,40	—	—
Metaborsäure	HBO ₂	nicht	nachweisbar	
Summe:		3524,96	90,686	

Tabelle 2

Gefälle Exposition:	Höchster Kulminationspunkt Der Sonne am 21 Juni		Niedrigster Kulminationspunkt der Sonne am 21 Dezember	
	Einfallswinkel der Sonnenstrahlen		Einfallswinkel den Sonnenstrahlen	
	5°	15°	5°	15°
N	60°	50°	14°	4°
NW	61	54	15	7
W			18	18
SW	69	74	22	29
S	70	80	27	34
SO	68	72	22	28
O	65	62	18	17
NO	61	53	15	7

Die Uferabschnitte des Sees und deren unterschiedliches Gefälle können meistens der Arbeit des Windes zugeschrieben werden. An jenen Stellen, wo die in der Nähe des Uferrandes befindlichen Sandrücken durch Deflation gestört wurden, bildeten sich aus den durch den Wind angehäuften Sanden zungenartige Hüllenformen, die sich mit der Achse der Depression kreuzen. In solchen Uferabschnitten ist das Gefälle kleiner, ja sogar sind diese Flächen auch heute Schauplätze der Akkumulations-tätigkeit. Dieser Umstand ist vom Gesichtspunkt der Entwicklung des Sees äusserst wichtig. Zur Befriedigung sei es jedoch festgestellt, dass die Veränderung des Ufers nicht schnell erfolgt, d. h. die Verlandung des Sees sehr gering ist.

Die Vernichtung des Sees wird teils durch die Tätigkeit des Menschen, teils durch das dichte Rohrgebüsch, welches den Randstreifen des Ufers bewachsen hat, verhindert. Die wahrnehmbare kleine Veränderung des Uferrandes wird wesentlich durch das Grundwasser verursacht, denn bei niedrigem Wasserstand zieht das abfliessende Grundwasser der zutage tretenden kleine Quellen, kleine Gerinnen im Boden zwischen dem äussersten Teil des Uferabschnittes und dem Wassersaum des Sees. Besonders charakteristisch sind die Gerinnen am O-Uferrand des Sees, an den mit Röhricht bewachsenen Bütenflächen. In diesen rinnt Wasser ständig, sogar in trockenen Jahren.

Im Winter ist die Temperatur des Grundwassers höher, als die des Sees. Deswegen friert zwischen den Büten des Röhrichtes das Wasser des Gerinnennetzes später ein, als der See. (Als Beispiel dafür führen wir die Zeit zwischen dem 5. und dem 8. Dezember 1962 an, als es auf dem offenen Wasserspiegel schon eine 4 bis 6 cm dicke Eiskruste gab und das Gerinnenetz noch nicht eingefroren ist.) Die Gerinnen spielen also nur im Winter besonders bedeutende Rolle, weil sie in dieser Jahreszeit der Vogelwelt des Kunfehér-Sees die Möglichkeit zum Erwerben ihrer Nahrung bieten.

Vom Gesichtspunkt des Lebens des Sees ist die langsame, aber kontinuierliche Auffüllung, und Verlandung von grossem Interesse. Das Material dazu liefern der in der Luft transportierte Staub, sowie die Überreste der eingegangenen Wasserorganismen. Zur Zeit trägt der See sowohl holobiozönologisch, wie auch morphologisch einen „Fertő“-Charakter (also den Charakter des Neusiedler Sees, dessen ungarische Name „Fertő“ ist). Sein „Fertő“-Charakter wird auch durch die natürliche Vegetation der Wassermwelt und deren Bestandsdichte bestätigt.

Nach dem durch das Botanische Forschungsinstitut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften hergestellten Assoziations-Lageplan des Kunfehér-Sees (*Beilage 3*) ist die Fläche, wo der Wasserspiegel rein und vom Laichkrautgewächse frei ist, verschwindend klein. In den Abschnitten, wo das Laichkrautgewächse fehlt, wird der Seeboden gewöhnlich von hartem, gräulich-weissem Kalkschlamm aufgebaut. Im grösseren Teil der Seeoberfläche herrscht die Assoziation der Arten *Parvipotameto-Zanichellietum pedicellatae* und *Myriophylleto potametum* mit einer Bestandsdichte von 80 bis 100% vor. Zwischen dem Wasserspiegel und dem Uferrand tritt aber die Assoziation von *Phragmitetum* mit einer Be-

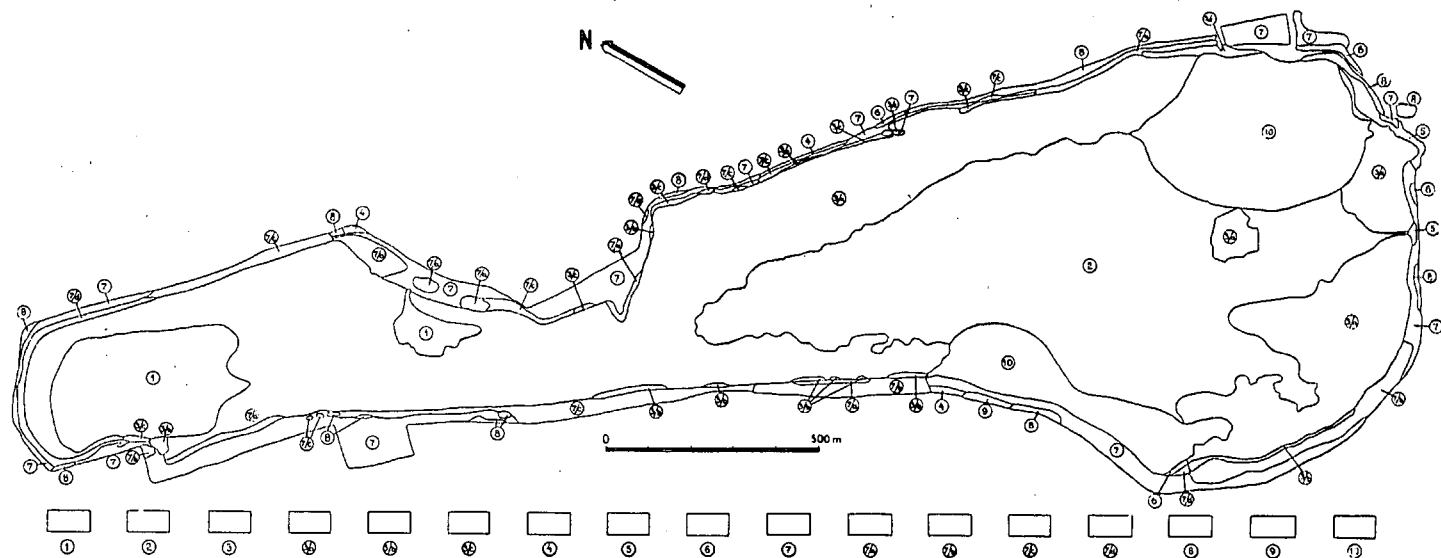


Abb. 3. Pflanzenvegetations—Karte des Kunfehér—Sees.

1. Myrophylleto—Potametum, 2. Parvipotameto—Zanichellietum pedicellatae,
3. Bolboschoenietum maritimi continentale, 3/a phragmitetosum, 3/b tape-
- tosum latifoliae, 3/c schoenoplectetsum tabernaemontani, 4. Lolieto C,nc-
- sucetum, 5. Puccinellietum limosae, 6. Lolio Plantaginetum majoris, 7. Ag-
- rosti Caricatum-distantis (agrostetosum), 7/a Schoenoplectetsum, 7/b Moli-
- nietosum 7/c Caricetosum, 7/d phragmitetosum, 8. Potentillet, Festucetum
- pseudovinae (Cunodontetsum), 9. Brometum tectorum (Cynodontetsum),
10. Ständiges Wasser ohne Wassergras Vegetation,

standsichte von 90 bis 100% auf. Diese Assoziationen nehmen gemeinsam grössere Flächen ein und bekräftigen den „Fertő“-Charakter des Sees. Auf der Karte ist es auch zu sehen, dass manche, weniger wichtige Assoziationen nur als winzige Mosaiken erscheinen, wie z. B. im Querschnitt des Uferrandstreifens, wo die Assoziation innerhalb einer kleinen Distanz aus hygrophiler in xerophile übergeht.

Der „Fertő“ Charakter des Sees hat sich besonders seit der grossen Überflutung durch Binnengewässer in 1941—1942 zugenommen. In diesen Jahren wurde nämlich das ursprünglich abflusslose Seebecken in seinem SO-Ecke mit der bei Adorján in die Theiss einmündenden Körös-Ér zusammengeknüpft und dadurch abflussfähig gemacht. Somit beschränkte sich die ursprünglich viel grössere, offene Wasserfläche. Zur Zeit nimmt die offene Wasserfläche in der etwa 230 ha grossen Depression gewöhnlich 160 bis 170 ha ein. Wegen des Bodenreliefs ist die Wasserfläche in drei Teile gegliedert (siehe Beilage 2), das heisst besteht aus einem grösseren südlichen (Nr. I), einem sehr beschränkten zentralen (Nr. II) und einem kleinen nördlichen (Nr. III) Gebiet. An Hand von Isohypsen mit Dezimeter-Abständen konnte es nachgewiesen werden, dass die östliche Seite des Sees tiefer ist, als die westliche. Der Unterschied beträgt jedoch nur ein paar Dezimeter, wovon das Bodenrelief des Sees einer seichten Mulde ähnlich ist. Die Depression fällt nach NW ein. Das den See in sich schliessende Tal ist in der Richtung des Gefälles schon so weit aufgefüllt, dass der See in dieser Richtung keinen Abfluss besitzt.

Wie es bereits erwähnt wurde, durch das Zustandebringen der künstlichen Abflüsse des Sees in 1942 wurde einerseits das Problem der Drainage der schädlichen Binnengewässer gelöst, andererseits aber das frühere mittlere Wasserniveau des Sees gesenkt. Die Entwässerung ist also nur partiell, so dass der See vollkommen nicht austrocknen kann. Der Entwässerungsgraben, der auch die längs der Eisenbahnlinie Kiskunhalas—Bácsalmás sich hinziehende Wasserscheide durchschneidet, besitzt kleine Tiefe und geringes Gefälle. Deshalb kann er den See nicht vollkommen drainieren. Der Graben hat sich übrigens so stark verlandet, dass der künstliche Abfluss aufgehört hat. Der Graben ist daher nur zur Zeit von Hochwässern von Bedeutung.

Der See hat sich seit Menschengedenken nicht ausgetrocknet, und seine Wassermenge ist meistens sogar in den trockensten Jahren erhalten geblieben. Diese Eigenschaft des Sees ist vor allem auf die strömenden Grundwässer zurückzuführen und zweitens dünkt es wahrscheinlich, dass darin auch das Porenvolumenwasser der tieferen Ablagerungen, und zwar deren Strömung aufwärts eine gewisse Rolle spielt.

An Hand unserer Beobachtungen und Berechnungen ist die Rolle des direkt in den See fallenden Niederschlages in der Erneuerung der Wasservorräte äusserst gering. Nimmt man für den See eine Wasserfläche von 170 ha und für die jährliche Durchschnittsmächtigkeit der Wasserschicht 120 cm an, so wird bei den gegenwärtigen Klima- und Reliefverhältnissen etwa 2 Millionen m³ Wasser im See gespeichert. Bei einer cca. 550 mm Durchschnitt des Jahres niederschlages beträgt die unmittelbar aus dem Niederschlag sich ergebende Wassermenge cca. 900.000 m³. Die Jahres-

verdunstung des Sees ist etwa 1,5 Millionen m³. Demnach ersetzt der Niederschlag lediglich 63% der Jahresverdunstung, d. h. die Jahresbilanz des Sees ist negativ.

Praktisch aber trocknet der See nicht aus. Also werden seine Wasservorräte auf anderem Wege erneuert. Im Jahresdurchschnitt ist das Wasser cca. 1,2 m tief. Bei hohem Wasserstand erreicht dieser Wert 2 m, aber bei niedrigem Wasserstand schwankt er bloss zwischen 40—60 cm. Nach den Beobachtungsangaben von mehreren Jahren entspricht die grösste Oszillierung des Wasserspiegels 1,4—1,6 m.

Die Oszillierung des Wasserspiegels wird sowohl durch den Niederschlag, wie auch durch die Verdunstung bedeutend beeinflusst. Die Verdunstung ist insbesondere in den Sommermonaten und den warmen, trockenen Herbstmonaten beträchtlich. Zum Beispiel in trockenen, warmen Sommertagen kann die Menge der Tagsverdunstung sogar 7 mm erreichen. Dieser Verdunstungswert entspricht einer täglichen Niederschlagsmenge von 1,8 mm. Wie es aus dem Monatsniederschlagsdurchschnitt von 86 Jahren ersichtlich ist, fällt diese tägliche Niederschlagsmenge in Juli und August auf die Seeoberfläche nicht. So trägt zwar der auf die Seeoberfläche hinabfallende Niederschlag zum Wasserhaushalt des Sees bei, aber beeinflusst ihn nicht wesentlich.

Was die gegenseitige Beziehung zwischen dem Grundwasser und dem See betrifft, kann es festgestellt werden, dass das Grundwasser einer der wichtigsten Faktoren in der Erneuerung der Wasservorräte des Sees ist. Der jeweilige Wasserstand des Sees hängt immer von der Höhe des Grundwasserspiegels in der Umgebung ab. Diese letztere ist ihrerseits in einem engen Zusammenhang mit der Niederschlagsmenge in der Umgebung des Sees, mit den Lagerungsverhältnissen der wasserführenden Schichten und vielen anderen physisch-geographischen Faktoren. Die wasserführenden Schichten fallen dem See zu ein, so dass das Grundwasser gegen das Becken des Kunfehér-Sees strömt, was auch durch die Wasserstandangaben der in der Umgebung des Sees befindlichen Grundwasserspiegelbeobachtungsbrunnen bestätigt wird. Zum Beispiel liegt der Grundwasserspiegel in den etwa 200 m weit vom Rand des Sees befindlichen Brunnen gewöhnlich höher, als das Wasserniveau des Sees (Tabelle 3).

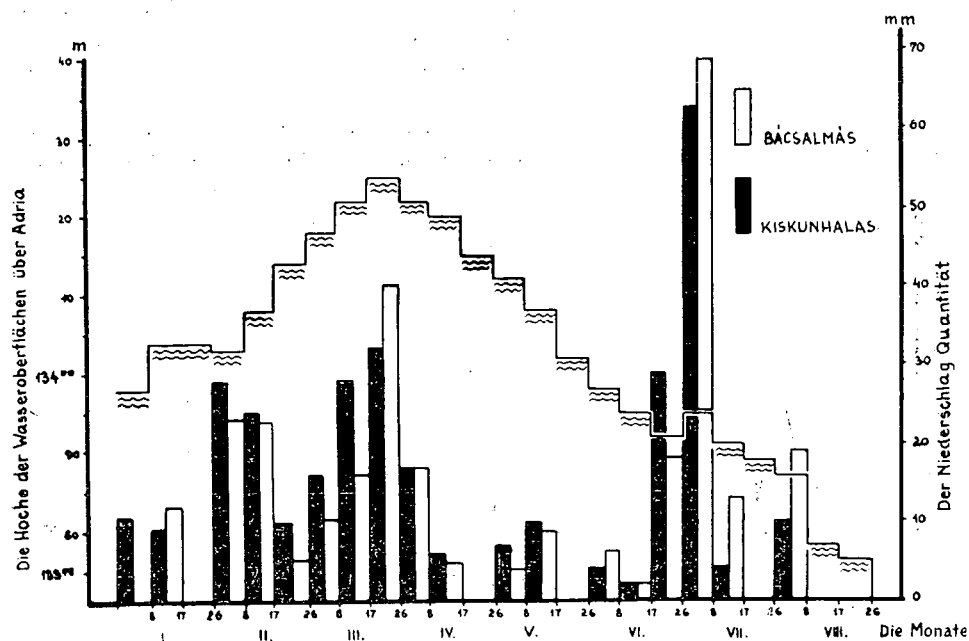
Tabelle 3

Unterschiede zwischen dem Wasserniveau des Sees und des Brunnsens.
(Auf Grund der Angaben der absoluten Höhe über dem Meeresniveau)

Monate	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
Tage	2.	29.	2.	28.	2.	29.	2.	29.	2.	29.	2.	29.	2.	29.	2.	29.
in cm	31	64	82	83	86	101	133	122	129	96	96	49	51	38	45	02

Nach den Angaben der Tabelle können die grössten Unterschiede in April, Mai und Juni beobachtet werden, d. h. in diesen Monaten ist auch die Zufuhr des Grundwassers in den See am Stärksten. Natürlich muss

dieser Vorgang samt der jeweiligen Niederschlagsmenge ermittelt werden (Beilage 4). Tabelle 3 und Beilage 4 beweisen, dass die Korrelationsbeziehung zwischen dem Grundwasserspiegel, dem Wasserniveau des Sees, sowie der Niederschlagsmenge und ihrer Veränderung als Funktion der Zeit sehr eng ist. Diese Korrelation ist jedoch noch nicht vollständig, denn



vom Gesichtspunkt des Wasserhaushaltes aus müssen wir auch die Werte der Verdunstung kennen. Für die Bestimmung dieses Faktors haben wir die Mittelwerte der Monatsverdunstung und die Maxima der Oszillierung benützt, die durch den in den Boden eingesenkten Verdunstungsmesser mit 3 m² Messungsfläche der Versuchsstation „Imre Komlós“ in Kecskemét für fünf Jahre geliefert worden waren. Mit Rücksicht auf die topographischen Verhältnisse nähern sich diese Werte der Verdunstungswerten der Wasserfläche des Kunfehér-Sees an (Tabelle 4).

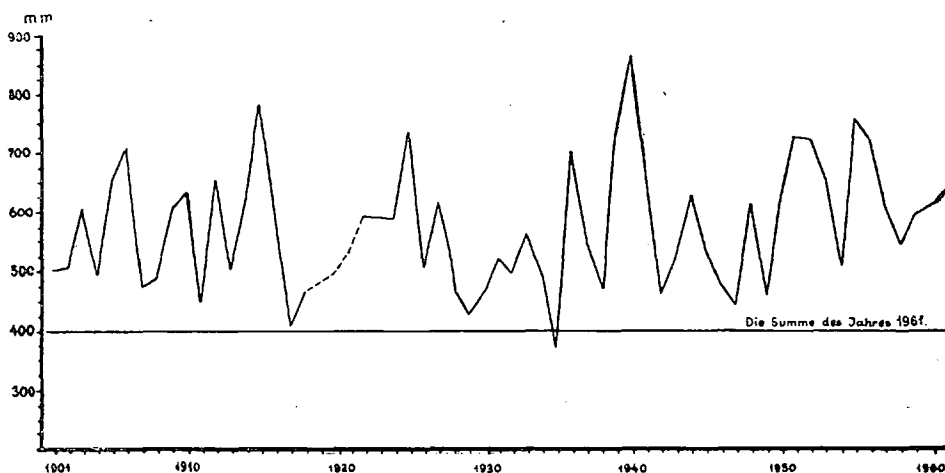
Tabelle 4

Veränderung der Monatsdurchschnittswerte
und der Extremwerte der Maxima in mm

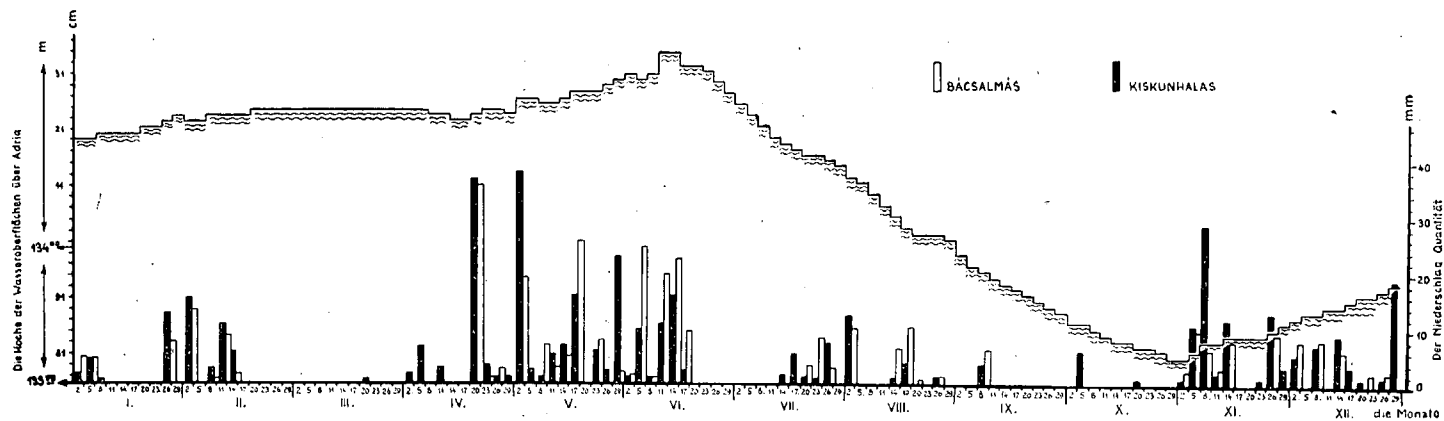
Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Durchschnitt	16	24	50	82	120	139	166	130	92	44	28	12
Maximum	16	24	54	100	130	168	220	170	104	60	28	12

Nach den Angaben der Tabelle schwankt die Jahresverdunstung der freien Wasserfläche zwischen 900 und 1000 mm. Diese beträchtliche Wassermenge wird grösstenteils durch Verdunstung zwischen April und Oktober verloren. So werden auch der niedrige und der hohe Wasserstand des Sees durch die Verdunstung bestimmt. Die jeweilige Wassertiefe kann jedoch weder von der Menge des Niederschlages, noch von seiner Qualität, noch von der Höhenlage des Grundwasserspiegels abgesondert werden. Diese Faktoren bestimmen nämlich gemeinsam die Veränderung des Wasserniveaus im See.

Im Raume des Kunfehér-Sees war das Jahr 1961 eines der trockensten Jahre seit der Jahrhundertwende (*Beilage 5*). Nach den Niederschlags-



angaben von Kiskunhalas war damals die Menge des Jahresniederschlages ca. 400 mm. So niederschlagsarmes Jahr gab es seit 1900 nur in 2—3 Fällen (1935, 1929, 1917). Die Veränderung des Wasserniveaus in diesem trockenen Jahr wird in *Beilage 6* veranschaulicht. Die verhältnismässig niederschlagsreiche Frühjahresperiode dauerte von Mitte April an bis zum 15. Juni. Während dieser Zeit fiel 70—75% des Jahresniederschlages (400 mm) ab. Für den Rest des Jahres war mehrere Monate lang anhaltende Dürre bezeichnend. Diese ungünstige Verteilung des Niederschlages hat das Wasserniveau des Kunfehér-Sees wesentlich beeinflusst. Das Maximum des Wasserstandes trat am Ende der niederschlagsreichen Periode ein, während bei der Grundwässern, den periodischen Oberflächengewässern und Seen dieses Maximum in der Regel eher zu Beginn des Frühjahres (Ende März, Anfang April) zu beobachten ist. Also in 1961 hat der normale Verlauf des Wasserniveaus des Kunfehér-Sees sich zeitlich stark verschoben, was durch die ausserordentliche Niederschlags- und Grundwasserverhältnisse verursacht wurde. Eine ähnlich grosse, zeitliche



Beilage 6. Zusammenhang zwischen der Veränderung des Seewasserniveaus und des Niederschlages im Jahre 1961.

Verschiebung beobachteten wir auch beim Einsetzen des niedrigsten Wasserstandes.

In Beilage 6 sieht man gut den direkten Zusammenhang zwischen der Veränderung des Seewasserniveaus und des Niederschlages, und zwar, dass beinahe gleichzeitig mit dem Einsetzen von vielen Regen auch das Wasserniveau des Sees steigt. Diese Erscheinung kommt sogar trotz der grossen Verdunstung stark zum Ausdruck. In 1961 beim niedrigsten Wasserstand (Minimum) sank der Wasserspiegel des Sees nur bis 133,81 m über dem Meeresniveau. Auf dieser Grundlage können wir für 50 bis 60% der Gesamtfläche des Sees mit dem Jahresdurchschnitt des Wasserstandes (1,2 m) rechnen. Die diesem Wert entsprechende Wassermenge ist 1,2 Millionen m³, was sich der völligen Jahresverdunstung des Wasserfläche annähert.

Was die Wassermenge der Porenvolumen der tieferen Schichten und deren wasserspeisende Rolle betrifft, so steht uns kein entsprechendes Untersuchungsmaterial zu Verfügung. Die Frage darf jedoch nicht vernachlässigt werden, da in unserem Gebiet 1—2 solche Phänomene zu beobachten sind, die auf die Wahrscheinlichkeit der Erneuerung der Wasservorräte des Sees auf diesem Wege hindeuten. So z. B. in der ersten Woche des Jahres 1962 beobachteten wir, dass eine kreisförmige Fläche mit 5—6 m Durchmesser im See uneingefroren blieb, während die Dicke der Eishülle im Rest der Seefläche überall 4—6 cm erreichte. Das Maximum der Tagestemperatur war damals -4°C bis -5°C oberhalb der Eisfläche, wobei die Wassertemperatur der uneingefrorenen Fläche bei 140 cm Wasserstand $+3^{\circ}\text{C}$ betrug. Der offene Wasserfleck lag in der Längsachse des Sees. Am demselben Ort fand ich im Sommer 1962 ganz entgegengesetzte Temperaturwerte beim Bodenschlamm, wo die Temperatur sich als äusserst niedrig erwies. Ähnliche eisfreie Wasserflächen fanden wir auch in den Röhrichten längs des Ufers, wo kleine Grundwasserquellen die Eisbildung verhinderten. Da wurde jedoch die Eisbildung neben der Wassertemperatur auch durch die mikroklimatische Wirkung der Röhricht-Assoziation beeinflusst (wie es schon oben erwähnt wurde).

Zusammenfassend kann es festgestellt werden, dass das ständige Wasser des Kunfehér-Sees — unter den gegenwärtigen Verhältnissen, dank der Wechselwirkung des Niederschlages, der Verdunstung und der Grundwässer — gesichert ist. Die Verlandung des Sees erfolgt sehr langsam, die auf natürlichem Wege auftretenden Formenveränderungen sind gar nicht bedeutend. Im Seebecken wird selbst beim niedrigen Wasserstand eine namhafte Wassermenge gespeichert, und insofern auch die Erneuerung der Wasservorräte gesichert ist, mag sogar die Nutzung des Sees als Speicherweiher in Rechnung kommen. Dieser Möglichkeit widerspricht jedoch die Qualität des Seewassers, wegen seiner hohen Salzkonzentration. Nach den Beobachtungen kann das Seewasser zur Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen nicht gebraucht werden. In 1962 wurde nämlich eine Tabakpflanzung mit dem Wasser des Sees bewässert und in 24 Stunden „verbrannte“ die ganze Tabakkultur. In Jahren 1961—62 bewässerte man mit diesem Seewasser auch junge Obst-

anlagen, was zwar keine direkte Schädigung zur Folge hatte, doch den Obstbäumen auch nicht zugunsten war und ausserdem die obere Bodenschicht vollkommen alkalisierte.

Man versuchte den See wirtschaftlich auch zur Fischzucht auszunutzen. In dieser Hinsicht wurden solche praktische Erfahrungen gewonnen, dass der See zur Fischzucht lediglich bei hohem Wasserstand und in Jahren mit kühlerem Sommer geeignet ist. Sonst sind solche Unternehmen unwirtschaftlich. Die vieljährigen Erfahrungen beweisen, dass der Fischbestand im See nur beim hohen bis mittleren Wasserstand sich erhalten kann, während unterhalb des mittleren Wasserniveaus die hochkonzentrierten, gelösten Substanzen den Fischbestand völlig vernichten. (So z. B. in 1960 wurde mehr als 10 q Jungfisch in den See eingeführt und dieser Bestand starb fast vollkommen aus.) Zur gleichen Zeit ist dieser ständige See in balneologischer Hinsicht sehr perspektivisch. An Hand der historischen Aufzeichnungen ist es beweisbar, dass der See in allen Zeiten eine grosse Anziehungskraft auf Menschengesiedlungen ausgeübt hat (von der Bronzealter an bis zur Gegenwart). Zum Baden wird er seit dem Ende des XIX. Jahrhunderts bis heute in bedeutendem Masse benutzt. Zur Zeit wird ja sogar erwogen, ob der See für Heilbad erklärt werden dürfte.

Literatur

1. Miháltz I.: A Duna—Tisza köze D-i részének földtani felvétele. Földtani Intézet Évi Jelentése 1950.
2. Rónai A.: Talajvíztanulmányok a Duna—Tisza közén. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1952. évről. Budapest, 1954.
3. Miháltz I.—Mucsi M.: A kiskunhalasi Kunfehértó vízföldtani viszonyai. Kézirat. 1963.
4. Roller K.: Adatok a Kunfehértó-i erdészet termőhelytérképezéséhez. 1955. Erdőmérnöki Főiskolai Közlemény Sopron.